

**(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG**

**(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro**



**(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
26. September 2002 (26.09.2002)**

**PCT**

**(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/075138 A1**

**(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>:** F02D 41/02, 41/14, F01N 3/08      **(74) Gemeinsamer Vertreter:** FINKEN, Thomas; c/o Audi AG, Abt. I/ET-3, 85045 Ingolstadt (DE).

**(21) Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP02/02262

**(81) Bestimmungsstaaten (national):** JP, US.

**(22) Internationales Anmeldedatum:**

2. März 2002 (02.03.2002)

**(84) Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

**(25) Einreichungssprache:**

Deutsch

**(26) Veröffentlichungssprache:**

Deutsch

**(30) Angaben zur Priorität:**

101 13 382.0 20. März 2001 (20.03.2001) DE

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

**(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** AUDI AG [DE/DE]; 85045 Ingolstadt (DE).

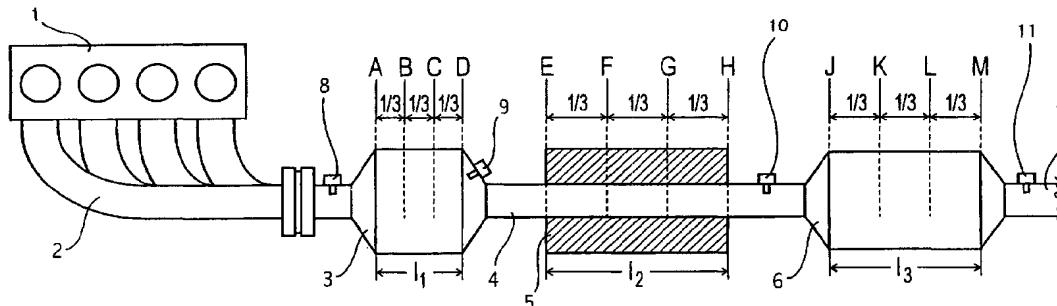
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**(72) Erfinder; und**

**(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):** ODENDALL, Bodo [DE/DE]; Am Grünen Bug 200, 86633 Neuburg (DE).

**(54) Title:** METHOD FOR HEATING A CATALYST THAT IS LOCATED DOWNSTREAM IN THE DIRECTION OF FLOW IN AN EXHAUST SYSTEM OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

**(54) Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM AUFHEIZEN EINES IN STRÖMUNGSRICHTUNG NACHGEORDNETEN KATALYSATORS BEI EINEM ABGASANLAGENSYSTEM EINES VERBRENNUNGSMOTORS



**(57) Abstract:** The invention relates to a method for heating a catalyst that is located downstream in the direction of flow in an exhaust system of an internal combustion engine comprising several catalysts arranged one behind the other in the direction of flow of the exhaust gas. The catalyst (6) that is located downstream in the direction of flow is heated by the transfer of the exothermic reaction from a catalyst (3) that is located upstream in the direction of flow to the downstream catalyst (6).

**(57) Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufheizen eines in Strömungsrichtung nachgeordneten Katalysators bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors mit mehreren in Abgasströmungsrichtung hintereinander angeordneten Katalysatoren, wobei das Aufheizen eines in Strömungsrichtung nachgeordneten Katalysators (6) dadurch erfolgt, dass die exotherme Reaktion aus einem in Strömungsrichtung vorgeordneten Katalysator (3) in den nachgeordneten Katalysator (6) verlagert wird.

**WO 02/075138 A1**

**Verfahren zum Aufheizen eines in Strömungsrichtung  
nachgeordneten Katalysators bei einem Abgasanlagensystem  
eines Verbrennungsmotors**

**B E S C H R E I B U N G**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufheizen eines in Strömungsrichtung nachgeordneten Katalysators bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors mit mehreren in Abgasströmungsrichtung hintereinander angeordneten Katalysatoren.

Bei einem Abgasanlagensystem mit mehreren hintereinander angeordneten Katalysatoren kann die Forderung bestehen, den stromabwärts liegenden Katalysator aufzuheizen, ohne dabei den stromaufwärts liegenden Katalysator mit einer zu hohen Temperatur zu beladen. Diese Forderung besteht zum Beispiel bei der Desulfatisierung eines NO<sub>x</sub>-Katalysators. Für eine effektive Desulfatisierung des NO<sub>x</sub>-Katalysators werden Temperaturen von ca. 650°C benötigt. Wenn diese Temperatur durch eine Erhöhung der Abgastemperatur des Motors bereitgestellt wird, kann es aufgrund des Temperaturgefälles zwischen einem motornahen Drei-Wege-Katalysator und dem im Unterbodenbereich verbauten NO<sub>x</sub>-Katalysators besonders bei einer Abgaskühlung vor dem NO<sub>x</sub>-Katalysator zu einer Überschreitung der maximal zulässigen Temperatur im motornahen Drei-Wege-Katalysator von ca. 950°C kommen.

Aus der DE 198 27 195 A1 sowie aus der DE 199 22 962 A1 ist es bekannt, bei einem Verbrennungsmotor mit Drei-Wege-Katalysator und nachgeschaltetem NO<sub>x</sub>-Adsorber bei aufgeheiztem NO<sub>x</sub>-Adsorber eine Entschwefelung mit geringer Sekundäremission an H<sub>2</sub>S und SO<sub>2</sub> durchzuführen. Wie der NO<sub>x</sub>-Adsorber dabei auf die für die Entschwefelung erforderliche Betriebstemperatur gebracht wird, ist den Dokumenten nicht zu entnehmen.

Aus der DE 199 60 828 A1 ist es bekannt, die Entschwefelung bei bereits aufgeheiztem NO<sub>x</sub>-Adsorber durch eine λ-Regelung, wobei λ zyklisch auf einen konstanten leicht fetten Wert eingestellt wird, zu entschwefeln. Damit

die Temperatur im NO<sub>x</sub>-Adsorber im voreingestellten aufgeheizten Temperaturbereich gehalten wird, wird die Wärme durch Spätzündung und Ladungsbewegung im Motor erzeugt und von dort in den NO<sub>x</sub>-Adsorber durchgeschoben. Dies bedarf hoher Energie für die entsprechende Erhitzung im Motorraum unter Berücksichtigung der hohen Wärmeverluste auf dem Weg zum NO<sub>x</sub>-Adsorber. Darüber hinaus muss auch hier die Temperaturgrenze des Drei-Wege-Katalysators berücksichtigt werden. Auf welche Weise der NO<sub>x</sub>-Adsorber auf das zur Entschwefelung erforderliche hohe Temperaturniveau gebracht wird, kann diesem Dokument nicht entnommen werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit geringem Aufwand einen stromabwärts liegenden Katalysator aufzuheizen, ohne dabei den stromaufwärts liegenden Katalysator zu überhitzen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch das Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, wonach das Aufheizen des stromabwärts angeordneten Katalysators dadurch erfolgt, dass die exotherme Reaktion aus einem stromaufwärts vorgeordneten Katalysator in einen nachgeordneten Katalysator verlagert wird. Auf diese Weise erfolgt gezielt die Aufheizung des stromabwärts nachgeordneten Katalysators. Energieverluste aufgrund eines Einleitens der Wärmeenergie durch Wärmeübertragung und der Wärmeleitung von außen und hiermit verbundene Gefahren des Überhitzens anderer Bauteile - insbesondere vorgeordnete Katalysatoren - werden vermieden. Da die Aufheizung lediglich durch die Verlagerung der exothermen Reaktion aus dem stromaufwärts vorgeordneten Katalysator in den stromabwärts nachgeordneten Katalysator erfolgt, werden lediglich Reaktionen genutzt, die ohnehin bereits bei der üblichen Abgasreinigung erfolgen. Somit kann in sehr einfacher Weise ohne zusätzliche Reaktionen und ohne zusätzliche Mittel zur Temperaturbegrenzung anderer Bauteile der stromabwärts nachgeordnete Katalysator aufgeheizt werden. Das Verfahren ermöglicht einen sehr geringen Energieverbrauch und somit verbrauchsarme Motoren.

Bevorzugt ist das Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 2, bei dem in einfacher Weise die Verlagerung durch eine λ-Regelung mit alternierendem Fett – Mager – Betriebs - Zyklus des Verbrennungsmotors und somit die Aufheizung des stromabwärts liegenden Katalysators gesteuert erzielt werden kann. Dabei können die Abgasemissionen gesteuert und auf niedrigem Niveau gehalten werden.

Das Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 3 ist besonders vorteilhaft, da hierdurch sehr einfach die zur Abgasreinigung im Normalbetrieb der Abgasreinigung im stromaufwärts angeordneten Katalysator durchgeführte Reduktion der Schadstoffe HC und CO in den stromabwärts angeordneten Katalysator verlagert wird, wodurch der stromabwärts angeordnete Katalysator aufgeheizt wird. Die Schadstoffe können unverändert abgebaut werden.

Bevorzugt wird  $\lambda$  zum Aufheizen so geregelt, dass für  $\lambda$  im zyklischen Fett-Betrieb während des Aufheizens gilt:  $0,7 \geq \lambda \geq 0,8$  bevorzugt  $0,74 \geq \lambda \geq 0,76$ . Hierdurch erfolgt durch den sehr fetten Betrieb in kurzer Zeit die Verlagerung der exothermen Reaktion in den stromabwärts angeordneten Katalysator, so dass die erforderliche Temperatur in kurzer Zeit erreicht wird.

Das Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 5 ermöglicht eine sehr empfindliche Regelung des Feit-Mager-Betriebszyklus<sup>1</sup> und somit sowohl die Aufheizung als auch die Abgaszusammensetzung. Bevorzugt sind die Verfahren gemäß den Merkmalen der Ansprüche 6 bzw. 7, durch die die Abgasgrenzwerte zuverlässig eingehalten werden und dennoch eine einfache und betriebssichere Temperaturerhöhung erzielt werden kann.

Das Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 8 ermöglicht es, den NOx-Adsorber zur Einleitung der Entschwefelung auf Desulfatisierungstemperatur aufzuheizen, ohne den Drei-Wege-Katalysator zu überhitzen.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren 1 bis 6 am Beispiel eines direkteinspritzenden Ottomotors beispielhaft näher erläutert. Hierin zeigen:

- Figur 1 den schematischen Aufbau einer Abgasanlage eines direkteinspritzenden Ottomotors;
- Figur 2a,b zwei Diagramme zur Darstellung des Aufheizungsverhaltens der Abgasanlage von Figur 1 ohne die erfindungsgemäße Verlagerung der exothermen Reaktion in den stromabwärts angeordneten Katalysator, wobei

- Figur 2a die Temperaturverteilung bei einer Geschwindigkeit von 200 km/h und
- Figur 2b die Temperaturverteilung bei Tempo 120 km/h darstellt;
- Figur 3 Darstellung zur Erläuterung des Funktionsprinzips der  $\lambda$ -Variation zur Aufheizung mit Darstellung der  $\lambda$ -Variation und der hierdurch bedingten Veränderungen des O<sub>2</sub>-Speicherinhalts des stromauf- und stromabwärts angeordneten Katalysators;
- Figur 4 Diagramm zur Darstellung der Temperaturverteilung bei erfundungsgemäßer  $\lambda$ -Variation zur Aufheizung bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h;
- Figur 5 qualitative Darstellung der Temperatur und der messbaren HC-Mengen in der Abgasanlage über der Länge der Abgasanlage im aufgeheizten Zustand; und
- Figur 6 Darstellung der Veränderung des O<sub>2</sub>-Speicherinhalts des stromauf- und stromabwärts angeordneten Katalysators über der Zeit.

In Figur 1 ist eine Abgasanlage am Beispiel eines direkteinspritzenden Verbrennungsmotors nach Otto-Bauart dargestellt. Aus dem Verbrennungsmotor 1 werden in bekannter Weise über Abgasrohre 2, einen Drei-Wege-Katalysator 3, ein Abgasrohr 4, einen NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 und ein Abgasrohr 7 die Abgase abgeleitet. Dem Drei-Wege-Katalysator 3 vorgeordnet ist eine Breitwand-Lambdasonde 8 und nachgeordnet eine Lambdasonde 9 bekannter Art, durch welche Abweichungen des  $\lambda$ -Werts der Abgase vor und hinter dem Drei-Wege-Katalysator 3 vom stöchiometrischen Wert  $\lambda = 1$  erfasst werden. Ebenso ist in bekannter Weise dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 nachgeordnet eine Lambdasonde 11 angeordnet, welche Abweichungen des  $\lambda$ -Werts vom stöchiometrischen Wert  $\lambda = 1$  hinter dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 erfasst. In bekannter Weise ist das Abgasrohr 4 zwischen dem Drei-Wege-Katalysator 3 und dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 durch einen Abgaskühler 5 bekannter Art geführt und zur Erfassung der Eingangstemperatur des Abgases in den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 vorgelagert ein Temperatursensor 10 angeordnet. Der Drei-Wege-Katalysator 3 ist in bekannter Weise mit einer oberen Temperaturgrenze von 950°C, der NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 mit einer oberen

Temperaturgrenze von 750°C ausgelegt. Der Arbeitsbereich des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 liegt in bekannter Weise zwischen 250°C und 450°C. Der Abgaskühler 5 ist in bekannter Weise so ausgelegt, dass er auch bei maximaler Geschwindigkeit des Fahrzeugs die Temperatur des Abgases auf 750°C absenkt.

Zur Erläuterung der Temperaturveränderungen wurde in Figur 1 der Drei-Wege-Katalysator 3 in seiner Länge l<sub>1</sub> in drei gleich lange Abschnitte aufgeteilt. Die Position zu Beginn des Katalysators ist mit A, die Position nach einem Drittel der Länge l<sub>1</sub> mit B, die Position nach zwei Dritteln l<sub>1</sub> mit C und die Position am Ende von l<sub>1</sub> mit D bezeichnet. Ebenso ist der Abgaskühler 5 seiner Länge l<sub>2</sub> nach in drei gleich lange Abschnitte unterteilt, wobei E den Eingang des Abgaskühlers 5, F die Position nach einem Drittel l<sub>2</sub>, G die Position nach zwei Dritteln l<sub>2</sub> und H die Position am Ende des Abgaskühlers 5 angibt. In gleicher Weise wurde der NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 seiner Länge l<sub>3</sub> nach in drei gleich lange Abschnitte unterteilt, wobei J die Position zu Beginn des NO<sub>x</sub>-Adsorber 6, K die Position nach einem Drittel l<sub>3</sub>, L die Position nach zwei Dritteln l<sub>3</sub> und M die Position am Ausgang des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 angibt.

Der in den Figuren 2a, 2b, 4 und 6 dargestellte zeitliche Temperaturverlauf kann beispielsweise mit Hilfe des Brennwerteintrages ermittelt werden. Zur genaueren Bestimmung des Brennwerteintrages in dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 wird das λ-Signal vor dem Drei-Wege-Katalysator 3 und nach dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 herangezogen. Der Brennwerteintrag in den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 ergibt sich aus dem Breitbandsignal der Lambdasonde 8 vor dem Drei-Wege-Katalysator 3 und der Zeit, die zwischen dem Fett-Durchbruch der Lambdasonde 9 nach dem Drei-Wege-Katalysator 3 und dem Fett-Durchbruch der Lambdasonde 11 nach dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 liegt. Zur Vermeidung eines Fett-Durchbruchs wird eine maximale Zeit bis kurz vor dem Durchbruch für die Fett-Phase in einem Kennfeld über der Abgasmasse abgelegt. Mit dem Brennwerteintrag in den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 und mit den mit dem Temperatursensor 10 gemessenen Temperaturen vor dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 wird die Temperatur im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 berechnet.

Zur Diagnose kann die Zeit bis zum Fett-Durchbruch mit den im Kennfeld abgelegten Zeiten verglichen werden.

Die Figuren 2a und 2 b zeigen den zeitlichen Temperaturverlauf TA, TB, TC, TD, TF, TK, TL, TM in den Positionen A, B, C, D, F, K, L, M sowie beispiel-

haft für die Abgasschadstoffe CO, CH und NO<sub>x</sub> den zeitlichen Verlauf der gemessenen CO-Werte am Eingang des Drei-Wege-Katalysators 3, gemessen durch die Breitband-Lambdasonde 8, und den zeitlichen Verlauf der gemessenen CO-Werte im Anschluss an den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6, gemessen durch die Lambdasonde 11, beim Versuch, ohne weitere Maßnahmen eine Temperaturerhöhung zu erzielen, um eine Desulfatisierung einzuleiten.

In Figur 2a kann bei Vollast bei einer Geschwindigkeit von 200 km/h erkannt werden, dass die vom Verbrennungsmotor in den motornahen Drei-Wege-Katalysator 3 eingeleitete Verbrennungsenergie Temperaturen erzeugt, die ausgehend von der Eingangstemperatur TA im Drei-Wege-Katalysator 3 in der Ebene A mit konstant 900°C in den in Abgasförderrichtung nachgeordneten Positionen zu Beginn dieser reinen Motoraufheizung noch unterhalb dieser Temperatur liegen, wobei bereits nach kurzer Zeit im Drei-Wege-Katalysator 3 die Temperaturen TB, TC und TD aufgrund der exothermen Reaktionen im Drei-Wege-Katalysator 3 auf Werte zwischen 900°C und 950°C ansteigen. Etwas zeitverzögert werden auch die Temperaturen TK in der Position K, TL in der Position L und TM in der Position M des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 aus dem optimalen Arbeitsbereich des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 von 250°C bis 450°C angehoben und erreichen Werte bis zu 750°C, so dass eine Entschwefelung im direkten oberen Temperaturgrenzbereich bei diesem Vollastfall möglich ist.

Figur 2b zeigt die gleiche Abgasanlage bei dem gleichen Motor, jedoch im Teillastbetrieb bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h.

Aus den Diagrammen kann erkannt werden, dass die Temperaturen TA, TB, TC, TD in den Ebenen A, B, C, D des Drei-Wege-Katalysators 3 aufgrund der deutlich geringeren Eingangstemperatur TA nur noch Werte bis zu 750°C annehmen und die Temperaturen TK, TL, TM in den Positionen K, L, M des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 sich auf Temperaturwerte unter 550°C einstellen. Eine Entschwefelung im Teillastbereich findet somit nicht statt.

In den Figuren 3 bis 6 ist die erfindungsgemäße Aufheizung auf Desulfatisierungstemperatur einer in Figur 1 gezeigten Abgasanlage schematisch dargestellt. Zum Aufheizen des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 erfolgt eine kurze zyklische λ-Variation, wie sie in Figur 3 beispielhaft dargestellt ist. Hierzu wird nach festgelegten Fahrzyklen, beispielsweise 5.000 oder 10.000 km, nach welchen eine Entschwefelung gewünscht ist, zur Aufheizung der Motor zyklisch fett

bzw. mager betrieben. Die Zeitspanne zur Aufheizung soll möglichst minimiert werden. Beispielsweise beträgt sie zwischen 20 Sekunden und 2 Minuten je nach Last- und Anfangstemperatur des NO<sub>x</sub>-Adsorber 6. Während der Zeitspanne der Fett-Phase  $\Delta t_f$  wird der Motor mit  $\lambda$  betrieben, für welches gilt:  $0,8 \geq \lambda \geq 0,7$  bevorzugt  $0,76 \geq \lambda \geq 0,74$  beispielsweise 0,75. In der kurzen Zeitspanne  $\Delta t_m$  des Mager-Betriebs mit  $3 \geq \lambda \geq 1,1$  wird möglichst viel O<sub>2</sub> in den Drei-Wege-Katalysator 3 und in den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 eingetragen. Die Zeiten, in denen der Motor fett bzw. mager zu betreiben ist, sind in einem Kennfeld über der Gaseintrittstemperatur, der Motorluftmasse und dem  $\lambda$ -Werten für den Fett- bzw. Mager-Betrieb abgelegt.

Wie in Figur 3 dargestellt ist, erfolgt entsprechend der  $\lambda$ -Variation ein zyklisches Be- und Entladen des Sauerstoffspeichers im Drei-Wege-Katalysator 3 sowie im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6, wobei die Beladung des Drei-Wege-Katalysators 3 mit Beginn der Mager-Phase ( $\lambda > 1$ ) beginnt und die Entladung des Drei-Wege-Katalysators 3 mit Beginn der Fett-Phase beginnt. Das Be- und Entladen des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 ist gegenüber dem Zyklus des Drei-Wege-Katalysators 3 phasenverschoben.

Figur 4 zeigt den Temperaturverlauf im Drei-Wege-Katalysator 3 und im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 sowie die CO-Emissionen vor (CO EIN) und nach (CO AUS) der Abgasanlage bei Teillastbetrieb mit einer Geschwindigkeit von 120 km/h. Der Fett-Mager-Zyklus ist so gewählt, dass die Fett-Phase in diesem Beispiel  $\Delta t_f = 1,5$  Sekunden und die Mager-Phase  $\Delta t_m = 0,5$  Sekunden beträgt. Wie für die Positionen B, C, D des Drei-Wege-Katalysators 3 und für die Positionen K, L, M des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 von Figur 1 in Figur 4 deutlich zu erkennen ist, steigen die diesen Positionen zuzuordnenden Temperaturen TB, TC, TD, TK, TL, TM in den Fett-Phasen an. Die exotherme Verbrennung im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 führt somit bereits nach kurzer Zeit zu einem Temperaturanstieg auch der Temperaturen TK, TL, TM in einen Bereich oberhalb von 650°C durch die exotherme Verbrennung unter Ausnutzung des gespeicherten Sauerstoffs im Drei-Wege-Katalysator 3 und im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6. In dem dargestellten Beispiel wird während der Aufheizung ca. 50 Prozent der exothermen Verbrennungsbestandteile an CO und HC vom Drei-Wege-Katalysator 3 in den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 verlagert. In den Mager-Phasen werden die Sauerstoffspeicher des Drei-Wege-Katalysators 3 und des NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 mit O<sub>2</sub> gefüllt. Somit wird durch die  $\lambda$ -Variation gemäß Figur 3 bewirkt, dass ein Teil des Restbrennwertes im fetten Abgas nicht im Drei-Wege-Katalysator 3, sondern im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 in Wärme umgesetzt wird.

Die zeitliche Änderung des gespeicherten Sauerstoffs während des Fett-Mager-Zyklus' im Drei-Wege-Katalysator 3 und im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 ist für einen Ausschnitt zwischen den Zeiten t = 45 Sekunden und t = 50 Sekunden aus Figur 4 in Figur 6 vergrößert dargestellt. In den Mager-Phasen, zum Beispiel zwischen den Zeiten t = 45,3 bis t = 46,0 Sekunden, werden die Sauerstoffspeicher des Drei-Wege-Katalysators 3 und des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 aufgeladen, wobei ausgehend von der Position B über die Position C und die Position D des Drei-Wege-Katalysators 3 über die Positionen K, L, M des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 von Figur 1 zeitverzögert die Aufladung erfolgt. In den Fett-Phasen, zum Beispiel zwischen den Zeiten t = 45,3 und t = 46,0 Sekunden, werden die Sauerstoffspeicher in der gleichen Reihenfolge wieder entleert. Es sind Fälle denkbar, in denen eine völlige Entleerung des Sauerstoffspeichers des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 zu hohen Endrohremissionen führen und gleichzeitig auch der hintere Teil des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 überhitzt werden könnte. Der Sauerstoffspeicher des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 wird deshalb – soweit diese Gefahr besteht - nicht vollständig entleert, sondern beispielsweise lediglich zu 30 Prozent.

Wie in Figur 4 zu erkennen ist, wird der Drei-Wege-Katalysator 3 bei diesem Lastfall auf Temperaturen zwischen ca. 750°C und 890°C erhitzt und der NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 auf Temperaturen zwischen 650°C und 700°C, so dass eine Desulfatisierung sicher durchgeführt werden kann. Die Desulfatisierung erfolgt in bekannter, nicht näher dargestellter Weise. Es ist im Einzelfall möglich, dass auch während des Aufheizens bereits erste Desulfatisierungsefekte einsetzen.

Wie in Figur 4 zu erkennen ist, steigt der CO-Gehalt am Ende einer Fett-Phase hinter dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 geringfügig an. Dieses Zeichen des Fett-Durchbruchs durch den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 wird von der Lambdasonde 11 hinter dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 festgestellt und bei Erreichen des vorgegebenen Schwellenwertes wird die Mager-Phase direkt eingeleitet. Ebenso wird ein Durchbrechen der Mager-Phase durch den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 von der Lambdasonde 9 erfasst. Bei Erreichen eines vorgegebenen Schwellenwertes wird direkt die Fett-Phase eingeleitet.

Figur 5 zeigt den qualitativen Temperaturverlauf und Abgassschadstoffverlauf am Beispiel von CH über der Länge des Abgassystems bei Erreichen der Desulfatisierungstemperatur im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6.

Auch wenn sich die dargestellten Beispiele auf die Abgasanlage eines Ottomotors beziehen, ist das erfindungsgemäße Verfahren ebenso bei anderen Motoren mit ähnlicher Abgasproblematik, bei denen die Forderung zur Aufheizung zwecks Einleitung einer Entgiftung besteht, einsetzbar. Beispielsweise ist das Verfahren auch bei einer Abgasanlage von Dieselmotoren einsetzbar.

**B E Z U G S Z E I C H E N L I S T E**

- 1      Verbrennungsmotor
- 2      Abgasrohr
- 3      Drei-Wege-Katalysator
- 4      Abgasrohr
- 5      Abgaskühler
- 6       $\text{NO}_x$ -Adsorber
- 7      Abgasrohr
- 8      Breitband-Lambdasonde
- 9      Lambdasonde
- 10     Temperatursensor
- 11     Kombinierter  $\text{NO}_x$ - und  $\text{O}_2$ -Sensor

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Aufheizen eines in Strömungsrichtung nachgeordneten Katalysators bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors mit mehreren in Abgasströmungsrichtung hintereinander angeordneten Katalysatoren,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass das Aufheizen eines in Strömungsrichtung nachgeordneten Katalysators (6) dadurch erfolgt, dass die exotherme Reaktion aus einem in Strömungsrichtung vorgeordneten Katalysator (3) in den nachgeordneten Katalysator (6) verlagert wird.

2. Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 1,  
wobei die Verlagerung durch eine  $\lambda$ -Regelung mit alternierendem Fett – Mager – Betriebs - Zyklus des Verbrennungsmotors erfolgt.
3. Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 1 oder 2,  
wobei  $\lambda$  zum Aufheizen so geregelt wird, dass der Fett-Betrieb mit  $\lambda < 1$  jeweils länger aufrechterhalten wird als das im Sauerstoffspeicher des stromaufwärts angeordneten Katalysators (3) gespeicherte  $O_2$  die Schadstoffe HC und CO umsetzen kann, so dass die Umsetzung zumindest teilweise durch das im Sauerstoffspeicher des stromabwärts angeordneten Katalysators (6) gespeicherte  $O_2$  erfolgt, und  
wobei im Mager-Betrieb mit  $\lambda > 1$  die beiden Sauerstoffspeicher wieder gefüllt werden.

4. Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 2 oder 3, wobei  $\lambda$  zum Aufheizen so geregelt wird, dass für  $\lambda$  im zyklischen Fett-Betrieb während des Aufheizens gilt:  $0,8 \geq \lambda \geq 0,7$  bevorzugt  $0,76 \geq \lambda \geq 0,74$ .
5. Verfahren gemäß den Merkmalen von einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Regelung des Fett-Mager-Betriebs-Zyklus mittels O<sub>2</sub>-Sensoren – insbesondere mittels  $\lambda$ -Sonden – erfolgt, die in einer dem stromabwärts angeordneten Katalysator (6) nachgeordneten Position Abgas überprüfen.
6. Verfahren zum gemäß den Merkmalen von Anspruch 5, wobei im Fett-Betrieb  $\lambda$  hinter dem stromabwärts angeordneten Katalysator (6) gemessen wird und bei Unterschreiten eines vorgegebenen oberen Schwellwertes für  $\lambda$  vom Fett-Betrieb auf Mager-Betrieb umgestellt wird.
7. Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 5 oder 6, wobei im Mager-Betrieb  $\lambda$  hinter dem stromabwärts angeordneten Katalysator (6) gemessen wird und beim Überschreiten eines vorgegebenen unteren Schwellwertes für  $\lambda$  vom Mager-Betrieb auf Fett-Betrieb umgestellt wird.
8. Verfahren gemäß den Merkmalen von einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, bei denen der vorgeordnete Katalysator (3) ein Drei-Wege-Katalysator und der nachgeordnete Katalysator (6) ein NO<sub>x</sub>-Adsorber ist, wobei der NO<sub>x</sub>-Adsorber (6) durch die Verlagerung der exothermen Reaktion aus dem Drei-Wege-Katalysator (3) in den NO<sub>x</sub>-Adsorber (6) auf Desulfatisierungstemperatur aufgeheizt wird.

FIG.

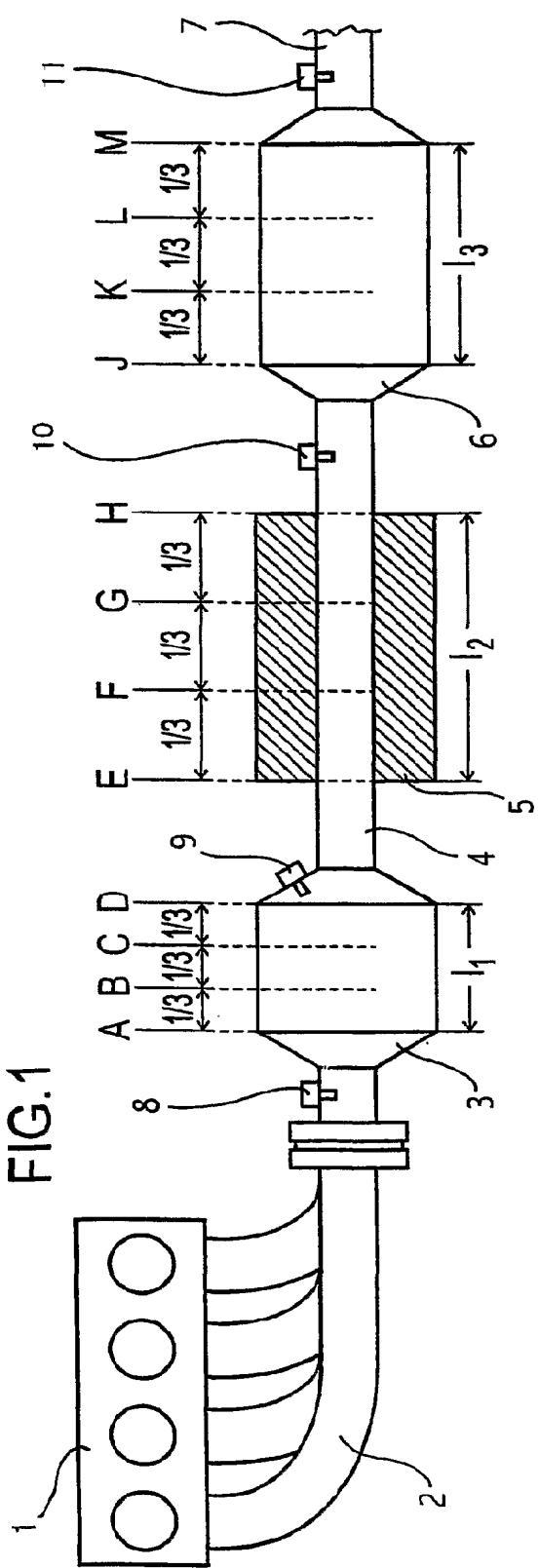


FIG. 3

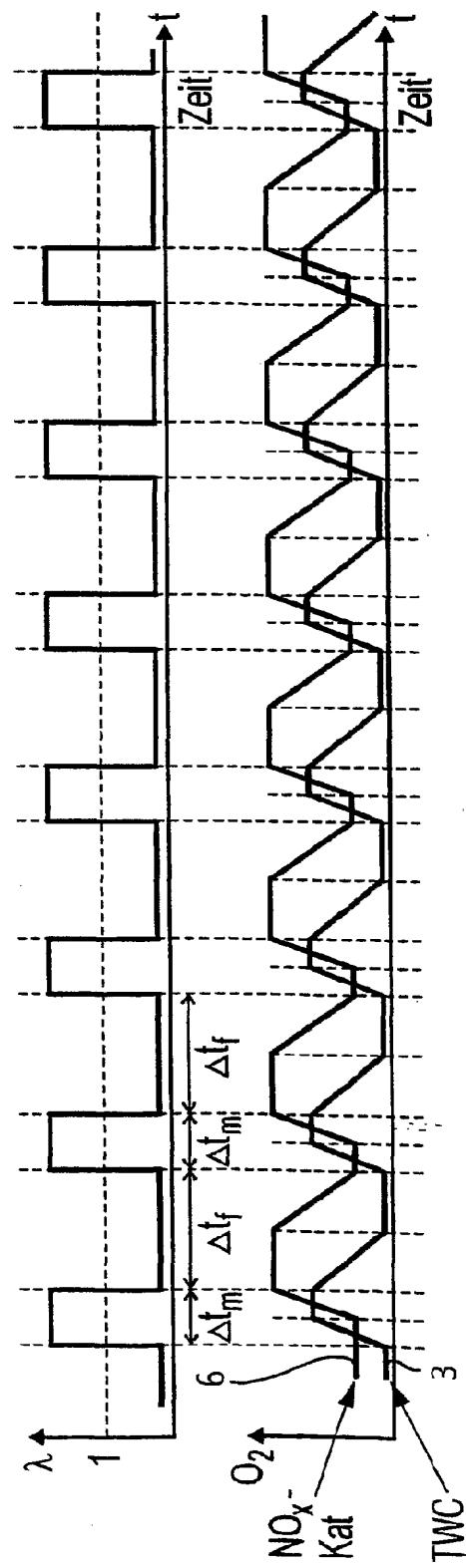


FIG. 2a

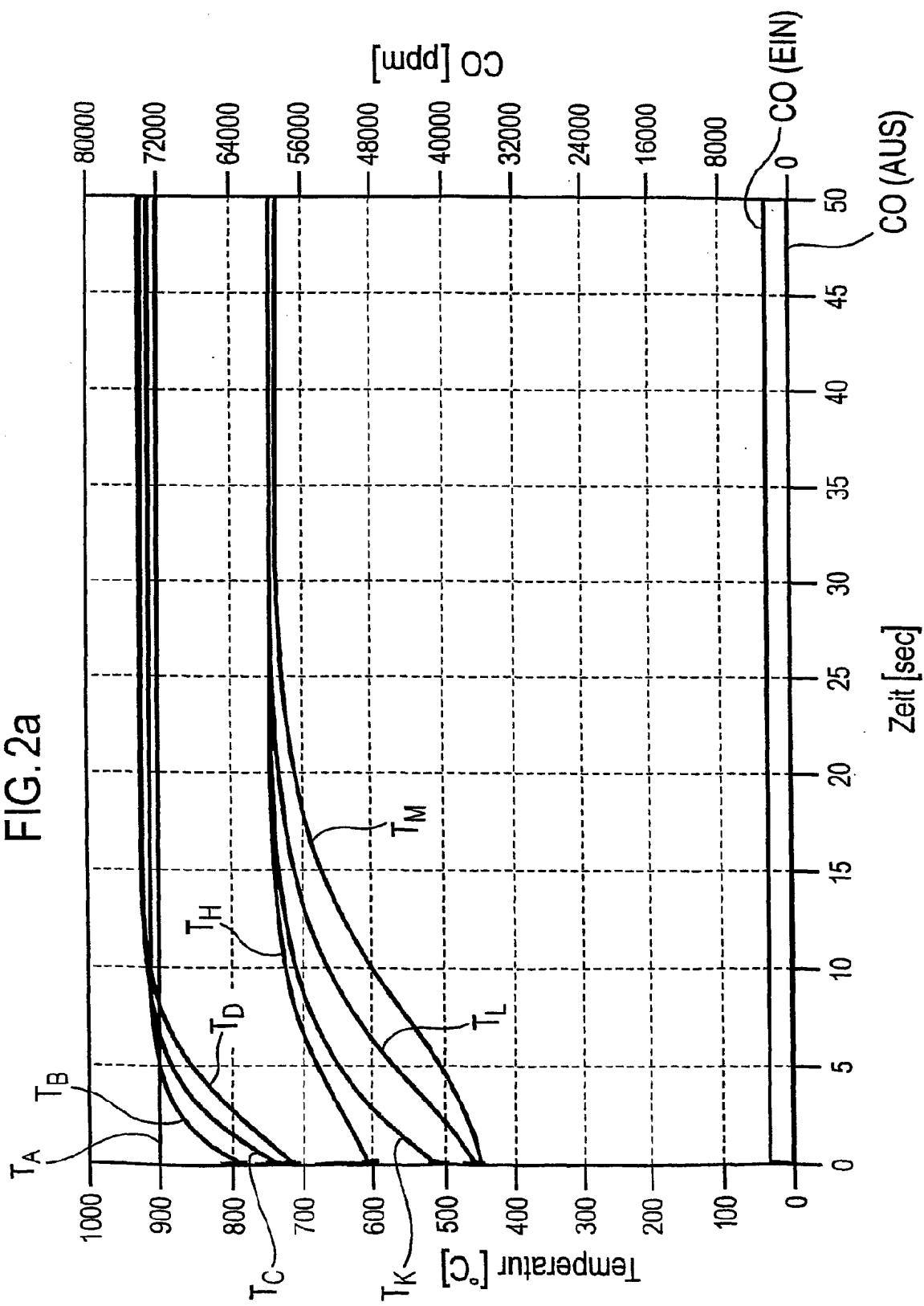


FIG. 2b Stand der Technik

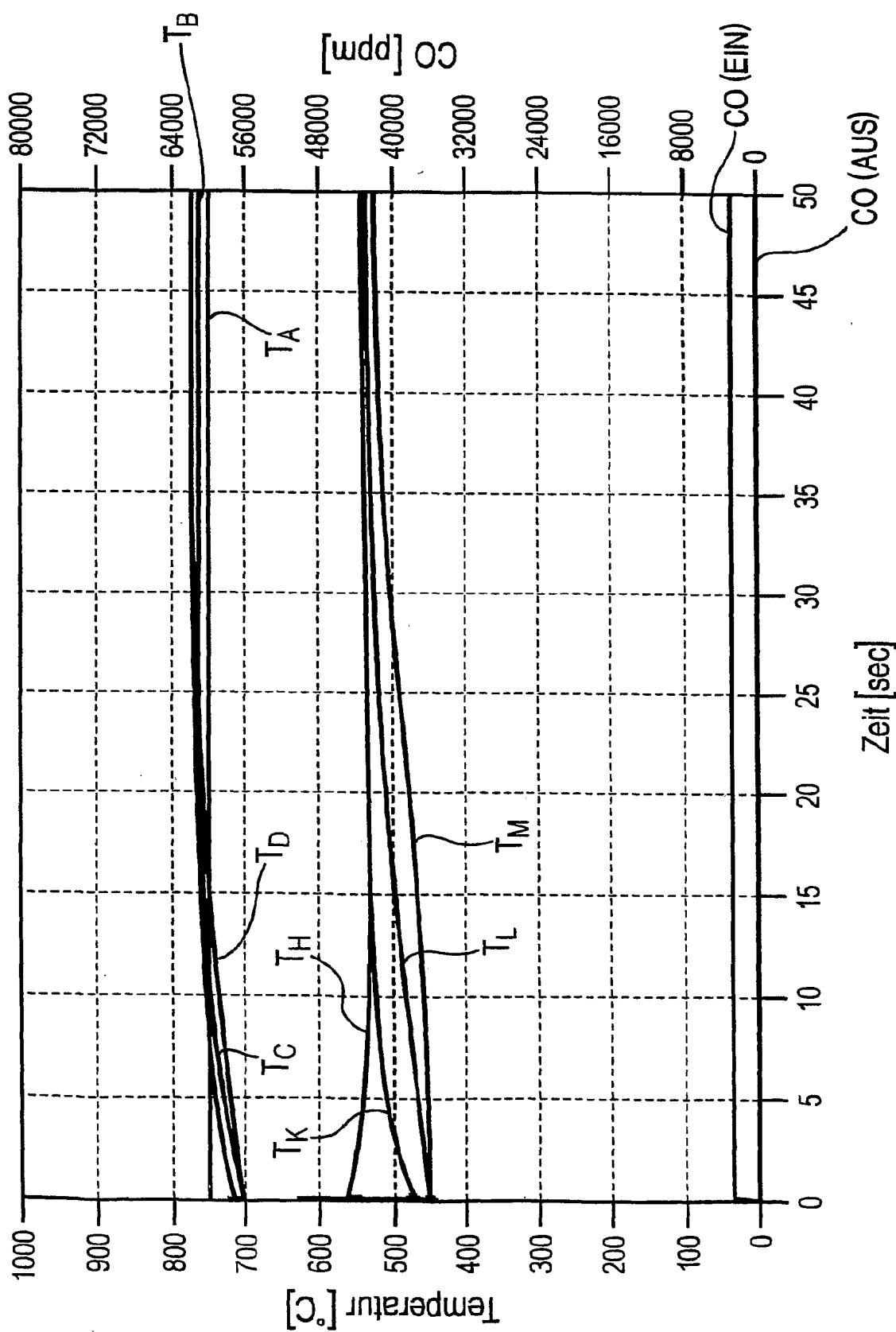


FIG. 4

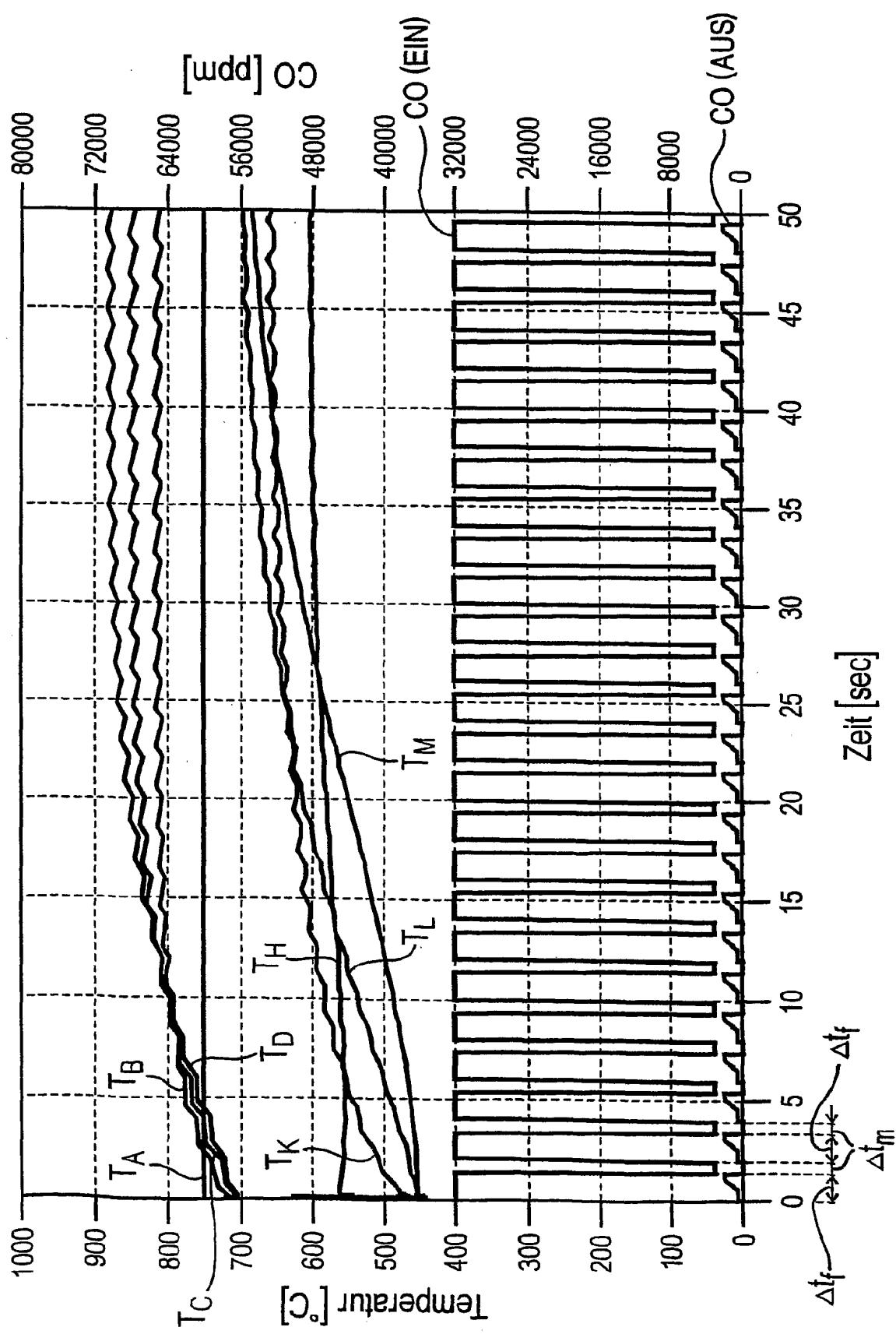


FIG. 5

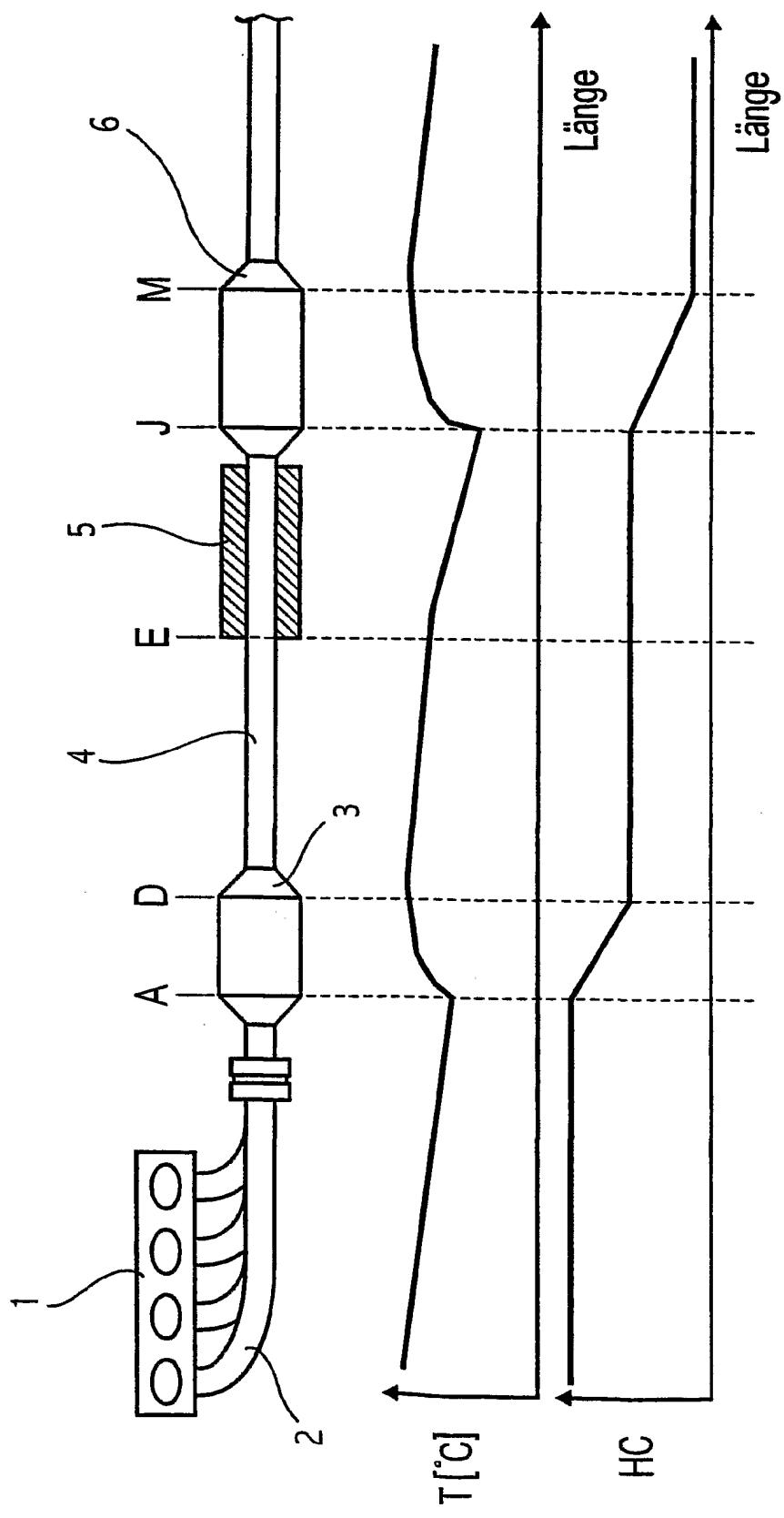
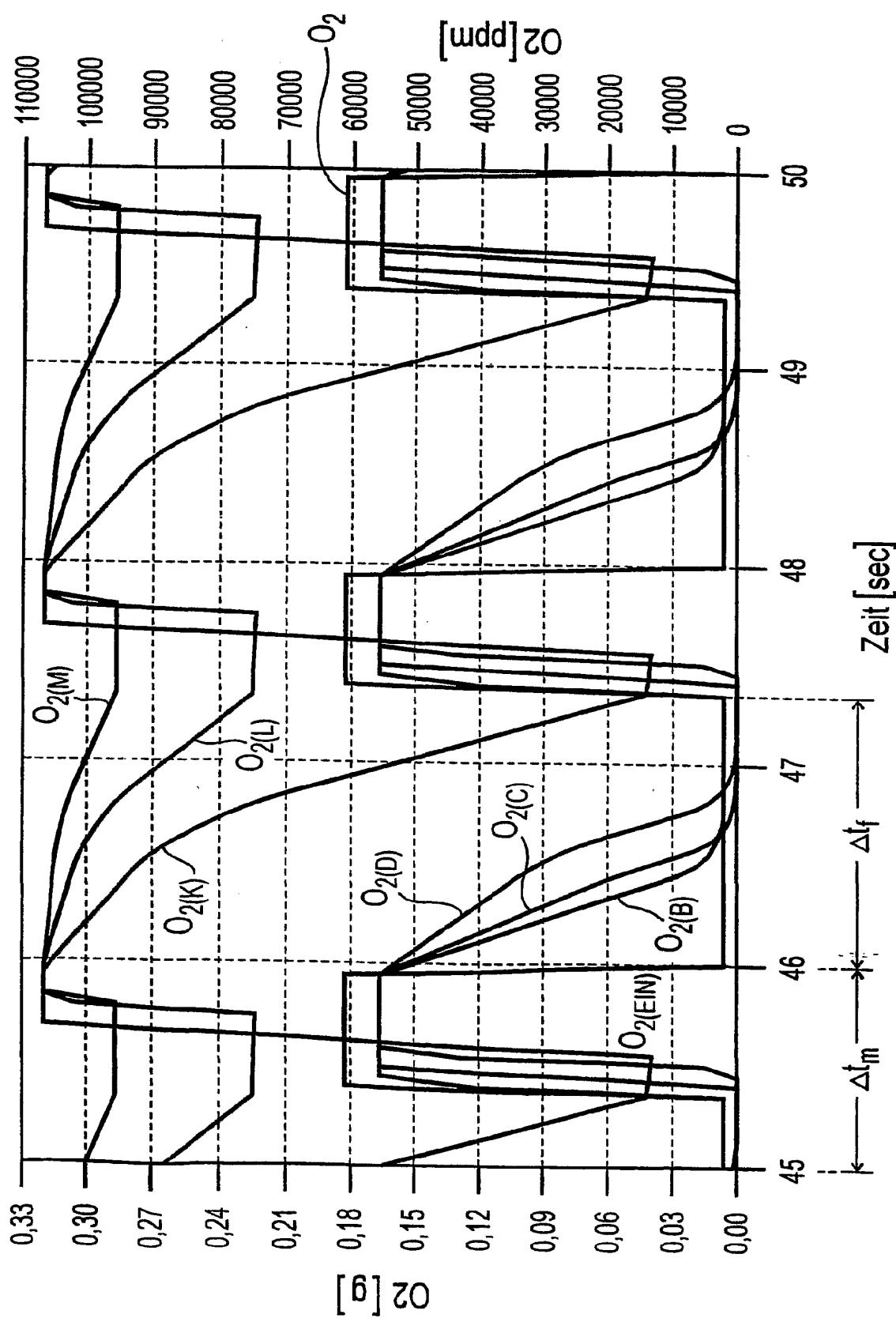


FIG. 6



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 02/02262

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 F02D41/02 F02D41/14 F01N3/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F02D F01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 899 430 A (FORD GLOBAL TECH INC) 3 March 1999 (1999-03-03) column 5, line 14 -column 6, line 51; figure 1 ---	1-3,5-8
X	WO 98 46868 A (MA THOMAS TSOI HEI ;FORD GLOBAL TECH INC (US)) 22 October 1998 (1998-10-22) page 4, line 22 -page 5, line 31; figure 1 ---	1-3,8
X	DE 198 51 843 A (SIEMENS AG) 11 May 2000 (2000-05-11) column 2, line 49 -column 4, line 52; figure 1 ---	1,2,5-8

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 July 2002

Date of mailing of the international search report

16/07/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL – 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schmitter, T

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 02/02262

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 199 23 481 A (VOLKSWAGENWERK AG) 23 November 2000 (2000-11-23) column 3, line 11 -column 4, line 61; figures 1,2 -----	1,2,5-8
A		4

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/02262

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
EP 0899430	A 03-03-1999	US 5974788 A	EP 0899430 A2	JP 11148399 A	02-11-1999 03-03-1999 02-06-1999
		US 6199373 B1			13-03-2001
WO 9846868	A 22-10-1998	GB 2324052 A	WO 9846868 A1	JP 2002501585 T	14-10-1998 22-10-1998 15-01-2002
		US 6267937 B1			31-07-2001
DE 19851843	A 11-05-2000	DE 19851843 A1	FR 2785555 A1	GB 2344772 A	11-05-2000 12-05-2000 21-06-2000
DE 19923481	A 23-11-2000	DE 19923481 A1	WO 0071877 A1	EP 1183453 A1	23-11-2000 30-11-2000 06-03-2002

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/02262

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 IPK 7 F02D41/02 F02D41/14 F01N3/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 IPK 7 F02D F01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 899 430 A (FORD GLOBAL TECH INC) 3. März 1999 (1999-03-03) Spalte 5, Zeile 14 -Spalte 6, Zeile 51; Abbildung 1 ---	1-3,5-8
X	WO 98 46868 A (MA THOMAS TSOI HEI ;FORD GLOBAL TECH INC (US)) 22. Oktober 1998 (1998-10-22) Seite 4, Zeile 22 -Seite 5, Zeile 31; Abbildung 1 ---	1-3,8
X	DE 198 51 843 A (SIEMENS AG) 11. Mai 2000 (2000-05-11) Spalte 2, Zeile 49 -Spalte 4, Zeile 52; Abbildung 1 --- -/-	1,2,5-8

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

9. Juli 2002

16/07/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schmitter, T

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 02/02262

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 199 23 481 A (VOLKSWAGENWERK AG) 23. November 2000 (2000-11-23)	1,2,5-8
A	Spalte 3, Zeile 11 -Spalte 4, Zeile 61; Abbildungen 1,2 -----	4

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/02262

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0899430	A	03-03-1999	US	5974788 A	02-11-1999
			EP	0899430 A2	03-03-1999
			JP	11148399 A	02-06-1999
			US	6199373 B1	13-03-2001
WO 9846868	A	22-10-1998	GB	2324052 A	14-10-1998
			WO	9846868 A1	22-10-1998
			JP	2002501585 T	15-01-2002
			US	6267937 B1	31-07-2001
DE 19851843	A	11-05-2000	DE	19851843 A1	11-05-2000
			FR	2785555 A1	12-05-2000
			GB	2344772 A	21-06-2000
DE 19923481	A	23-11-2000	DE	19923481 A1	23-11-2000
			WO	0071877 A1	30-11-2000
			EP	1183453 A1	06-03-2002